

УДК 621.314.6

**В.Ф. Рой**, докт. физ.-мат. наук,  
**В.М. Поліщук**, канд. техн. наук  
 Харківська національна академія міського господарства

## ІМПУЛЬСНИЙ КОРЕКТОР КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ

Серед ряду проблем, пов'язаних із включенням у живильну мережу розрядних джерел світла, однією з найбільш актуальних є недостатньо високий коефіцієнт потужності таких ламп, які є досить неякісним навантаженням для електричної мережі, вносячи в неї суттєві викривлення. Вдосконалення систем запалювання та стабілізації режиму таких джерел світла привело до створення електронних імпульсних баластів, що дало змогу значно покращити їх експлуатаційні та енергоекономічні характеристики. Переважна більшість таких пристроїв будується на інтегральних мікросхемах, які виконують різноманітні функції: визначають режими ввімкнення ламп, дають змогу регулювання світлового потоку, коректують форму струму, що споживається з мережі та коефіцієнт потужності, захищають апарат і лампи від аварійних ситуацій [1].

По своїй структурі електронні баласты розрядних ламп є напівпровідниковими керованими перетворювачами, які споживають як активну, так і значну реактивну потужність, обумовлену наявністю фазового зсуву між живильною напругою та струмом, а також їх викривленнями, пов'язаними з споживанням із мережі несінусоїдальних струмів. В цьому випадку мова йде не тільки про електромагнітну несумісність цих апаратів з живильною мережею, але й про погіршення енергоекономічних показників обладнання в цілому. Тому для підвищення енергетичної ефективності освітлювальних установок необхідно реалізувати такі технічні рішення, які б дозволили досягти форми спожитого струму близької до синусоїдальної.

Одним з перспективних напрямків вирішення цієї проблеми є розробка ефективних імпульсних коректорів коефіцієнта потужності (ККП) живильної електричної енергії, чому і присвячена дана стаття.

Слід зауважити, що активні ККП у більшості вироблених промисловістю схем електронних баластів розрядних ламп поки що не застосовувались, оскільки потужність ламп низького тиску (ЛЛ) не перевищує 100 Вт, тому їх використання досі вважалося економічно недоцільним. В той же час при застосуванні апаратів живлення ламп високої інтенсивності (ЛВІ), або баластів для групового живлення ЛЛ, а також у зв'язку з різким підвищенням вимог до енергоефективності та допустимого рівня гармонічних складових в живильній мережі, застосування ефективних ККП таких пристроїв є обов'язковим [2].

До теперішнього часу в баластах розрядних ламп широко використовуються так звані пасивні ККП, які за рахунок спеціального включення ємкісних і індуктивних елементів здійснюють компенсацію зсуву фаз струму відносно живильної напруги [3]. Однак вони ефективні у пристроях з переважно індуктивною складовою навантаження – деяких баластах ЛЛ, електричних машинах та ін., причому навіть в цих випадках існує сильна залежність величини коефіцієнта компенсації від параметрів навантаження,

що не дозволяє підключати до такої схеми споживачів різних типів та потужностей. Тому більш перспективними є активні імпульсні ККП, спроможні суттєво підвищувати коефіцієнт потужності системи і підтримувати його незалежно від типу та параметрів навантаження.

Принцип дії імпульсного ККП полягає у тому, що замість низькочастотного ємкісного фільтра пасивного коректора використовують високовольтну бустерну схему стабілізатора, до входу якого приєднане навантаження. Типова блок-схема такого ККП, що приведена в [3], має як вказані вище переваги, так і суттєві недоліки, головними з яких є те, що пристрій має єдиний високовольтний вихід, напруга якого майже вдвічі перевищує напругу живильної мережі, що потребує її додаткового перетворення. Крім того, корекція коефіцієнта потужності таких пристроїв здійснюється у відносно невеликих межах, що не забезпечує достатнього рівня ефективності використання електричної енергії, освітлювальною установкою та набуття електромагнітної сумісності його з живильною мережею.

На рис.1 приведено функціональну схему запропонованого імпульсного ККП. Одним із принципово важливих елементів схеми імпульсного коректора є дросель змінного струму, застосування якого дозволяє суттєво покращити функціональні та енергоекономічні характеристики установки. Запишемо основні співвідношення, що характеризують режим роботи дроселя змінного струму і, відповідно, імпульсного коректора в цілому. Оскільки ККП є по суті бустерним перетворювачем, що працює в режимі, граничним з розривними струмами, то для пікових значень струму дроселя можна записати [4]:

$$I_L = \frac{(U_H - U_M) \cdot (1 - \gamma)}{L \cdot f} \quad (1)$$

де  $U_M$  - амплітудне значення напруги мережі;  $U_H$  - напруга на навантаженні;  $L$  - індуктивність дроселя;  $f$  - опорна частота;  $\gamma$  - скважність імпульсів.

Оскільки коректор працює в режимі автогенерації з частотою і скважністю, що змінюються в процесі роботи, тому в якості опорної частоти вибираємо середню частоту, яка рекомендована в технічних умовах на керуючу мікросхему [1]. Враховуючі, що  $I_L = 2 I_H$ , знайдемо необхідну величину індуктивності дроселя:

$$L = \frac{(U_H - U_M) \cdot U_M^2}{4 \cdot P_H \cdot f \cdot U_H} \quad (2)$$

Оскільки  $\frac{U_M}{U_H} = (1 - \gamma)$ , то

$$L = \frac{(U_H - U_M)}{4 \cdot I_H \cdot f} \quad (3)$$

Зв'яжемо струм та напругу навантаження зі струмом та напругою живильної мережі через спожиту потужність:  $P_H = \frac{U_M \cdot I_M}{2}$

$$\text{Тоді остаточно:} \quad L = \frac{(U_H - U_M) \cdot U_M^2}{4 \cdot P_H \cdot f \cdot U_H} \quad (4)$$

Звідки витікає, що для ефективної роботи імпульсного ККП індуктивність дроселя повинна забезпечувати більш швидке зростання струму у ньому, ніж зростання вихідної напруги  $U_H$ , в результаті чого фактично спожитий струм матиме вигляд коротких імпульсів змінної амплітуди, обвідна яких повторює форму напруги живильної мережі, тобто наближається до синусоїдальної форми (рис.2).

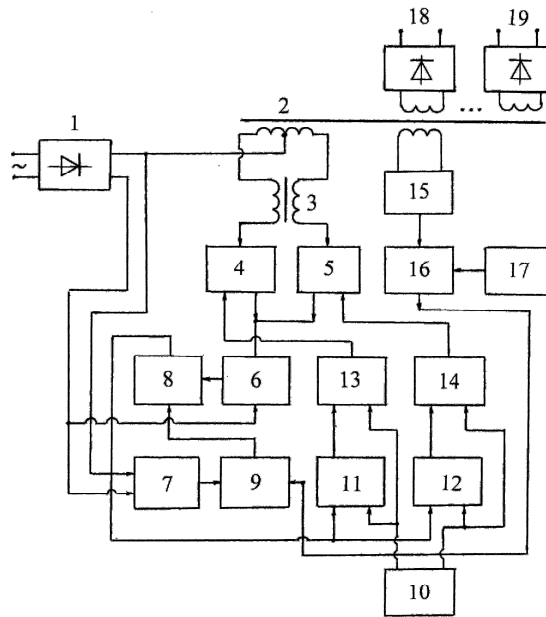


Рис.1. Функціональна схема імпульсного ККП.

На початку кожного напівперіода живильної напруги в режимі безперервних струмів, струм дроселя  $I_L$  та струм навантаження  $I_H$  мають однакову форму і значення як при частотно-імпульсній ( $\gamma = 1$ ), так і широтно-імпульсній ( $\gamma = \gamma_{TP}$ ) модуляції, що є необхідною умовою і підтвердженням ефективної корекції коефіцієнта потужності [5]. Повністю схема ККП (рис.1) функціонує наступним чином: при подачі випрямленої однополярної напруги живильної мережі з виходу діодного моста 1 на середню точку первинної обмотки силового трансформатора 2, через одну половину первинної обмотки, одну обмотку дроселя змінного струму 3, електронний ключ 4, датчик струму 6 - протікає струм, якщо на керуючий вхід електронного ключа 4 подано вмикаючий сигнал з виходу схеми порівняння 13, на вхід якої подається сигнал з RS-тригера і задаючого генератора 10.

Зростання струму в цьому ланцюжку відбувається приблизно за законом:

$$I = U \cdot e^{-\frac{L}{R} \cdot t}, \quad (5)$$

де  $U$  - вихідна напруга моста,  $R$  - сумарний опір обмоток силового трансформатора 2, дроселя 3, електронного ключа 4, датчика струму 6 та еквівалентного опору навантаження трансформатора, приведених до первинної обмотки,  $t$  - час наростання струму. Керуючі імпульси від задаючого генератора 10 тривалістю  $T$  і періодом  $4T$  зсунуті один відносно другого на час  $2T$  при їх подачі на  $S$  входи RS-тригерів забезпечують чергове ввімкнення електронних ключів 4, 5. На входи  $R$  цих тригерів подаються сигнали із схеми порівняння 8, які повертають тригери в первинний стан. При одночасній подачі на входи схем співпадіння 13, 14 сигналів з виходів RS-тригерів 11, 12 і виходів задаючого генератора 10 відбувається обмеження часу  $T$  ввімкненого стану електронних ключів 4, 5 в межах  $0 - T$ , що необхідно для закінчення перехідних процесів в системі трансформатор-дросель при комутації електронних ключів навіть при найбільш тривалому часі включення  $T$ .

Стабілізація вихідної напруги імпульсного ККП здійснюється за рахунок порівняння сигналу з датчика вихідної напруги 15 з сигналом датчика опорної напруги 17, яке після підсилення блоком 16 подається на один з входів множника 9, на другий вхід

якого подається сигнал з датчика вихідної напруги моста 7. При подачі вихідного сигналу з множника напруги 9 на один з входів блока порівняння 8, буде відбуватись зміна тривалості часу  $T$  ввімкненого стану електронних ключів 4 та 5 до того часу, поки вихідна напруга коректора на опорах навантаження не буде відповідати номінальному значенню. При тактовій частоті задаючого генератора 10, значно перевищуючій частоту живильної мережі, вирівнювання напруги на виході блоків 18,19 здійснюється за рахунок обмежувальної дії накопичувальних конденсаторів разом з випрямляючими діодами фільтрів, напруга на яких практично не змінюється за період живильної мережі.

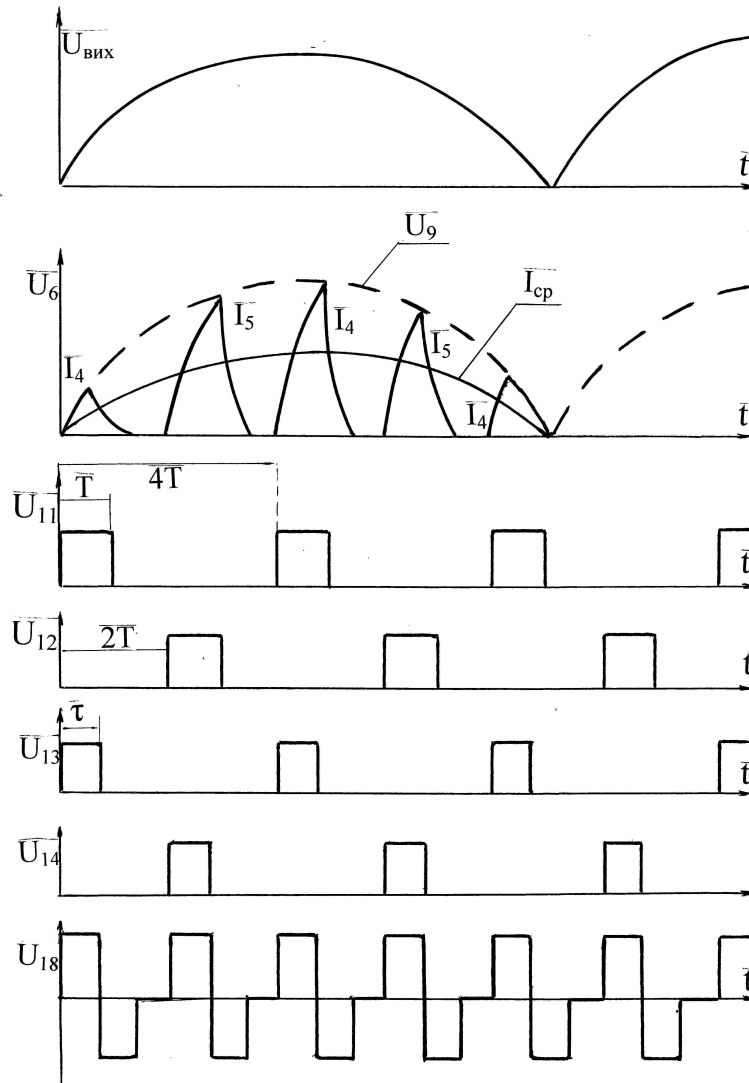


Рис.2. Елюри напруг на елементах імпульсного коректора.

За допомогою вторинних обмоток силового трансформатора з блоків 18,19 може бути отримана високоякісна напруга необхідної величини та полярності. Проведені дослідження свідчать, що запропонована схема імпульсного ККП забезпечує коефіцієнт потужності електронного баласта не менше ніж 0,96-0,97, що відповідає сучасним вимогам до ефективного використання електричної енергії освітлювальною установкою у відповідності до вимог Європейського стандарту EN12464-1 та забезпечує електромагнітну сумісність електронних баластів розрядних ламп з живильною мережею.

### Література

1. Иванов В.С, Панфилов Д.К. «Микросхемы управления импульсными стабилизаторами фирмы Motorola // Ж. «Chip news», 1998, №1, С.25-28.
  2. Байтурсуйнов В., Иванов В.С. «Повышение КПД понижающих конвекторов при синхронном выпрямлении» // Ж. «Chip news», 1999, №2, С.14-17.
  3. Моин В.С., «Стабилизированные транзисторные преобразователи», М; Энергия, 1996, 374 с.
  4. Хоровиц П., Хилл У. «Искусство схемотехники» .М.; Мир, 1998, 256с.
  5. Клевцов А.В, «Средства оптимизации потребления электроэнергии», М.;Энергия, 1995, 275 с.
- 
- 

### ИМПУЛЬСНЫЙ КОРРЕКТОР КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

В.Ф. Рой, В.Н. Полищук

*Предлагается схема эффективного импульсного корректора коэффициента мощности на основе мостового преобразователя постоянного напряжения с дросселем переменного тока для балластов разрядных ламп.*

### IMPULSE KORRECTOR OF POWER COEFICIENT

V.F. Roj, V.N. Polischuk

*The scheme of effective impulse corrector of power coefficient is created on the basis of bridge converter of direct voltage with throttle of alternating current for discharge lamp ballasts.*